

超宽带对塔康系统的干扰分析^①

王树彬^② * ** *** 周 正 * ** 邹卫霞 * ** 李 斌 * **

(* 北京邮电大学无线网络实验室 北京 100876)

(** 北京邮电大学泛网无线通信教育部重点实验室 北京 100876)

(*** 内蒙古大学电子信息工程学院 呼和浩特 010021)

摘 要 针对超宽带(UWB)对窄带无线通信系统的潜在干扰分析,使用基于物理层模型的方法分析了脉冲无线电(IR)和多带(MB)等不同技术体制的超宽带系统对塔康(TACAN)系统的影响。在充分考虑了系统的物理特性的情况下,利用 Matlab 的可视化仿真工具 Simulink 建立系统的物理层仿真模型,根据塔康系统误码率(BER)和接收机灵敏度的要求,得出了超宽带在塔康系统工作频段(962~1213MHz)的发射功率限制参考值。通过与基于干噪比(I/N)的链路预算干扰分析方法的比较分析,本文的方法更能反映实际系统的影响状况,因此这个结果能够为规划超宽带在塔康系统工作频段的频谱提供参考。

关键词 脉冲无线电超宽带(IR-UWB),多带超宽带(MB-UWB),塔康系统,干扰

0 引 言

超宽带(ultra-wideband, UWB)以极低发射功率、占用极宽频带的方式进行通信,为了避免 UWB 对共享频带内的窄带无线通信系统造成干扰,必须对 UWB 与窄带系统之间的干扰进行分析,规划 UWB 频谱^[1, 2]。UWB 的频谱模版在不同的国家和地区是不相同的,目前仅有美国^[1]和英国^[3]发布了自己的 UWB 频谱模版,其他国家仍在研究和修改着 UWB 的频谱规划。目前 UWB 对窄带系统的干扰分析,是根据当前可用的 UWB 系统技术参数和衰落模型,采用理论分析方法进行的。单个 UWB 对窄带系统产生的干扰的分析,通常采用基于接收机输入口的干扰功率和噪声比值——干噪比(interference to noise ratio, I/N)的链路预算干扰分析方法^[1, 2]。现今 UWB 系统技术体制有两大类:脉冲无线电超宽带(impulse-radio ultra-wideband, IR-UWB)和多带超宽带(multi-band ultra-wideband, MB-UWB)^[4],这两种技术体制 UWB 的物理结构是不相同的,即使同一体制的 UWB,也存在着调制方式、信号特性等多种不同之处。基于 I/N 的链路预算干扰分析方法是

在假定好干扰场景的情况下,通过一些简单的数学公式计算出 UWB 系统的发射功率限制。这种方法没有考虑 UWB 系统物理结构、信号特性的不同及受扰系统的物理结构,而且很多参数要估算或假设为理想状态,结果不能很好地反映实际系统的状况。

塔康(tactical air navigation, TACAN)系统是近程无线电导航系统,该系统采用脉冲调制技术的极坐标系统,其距离测量基于二次雷达测距原理,方位测量是通过旋转地面信标台天线得到的多波瓣方向性图,提供粗、精方位信息。

针对单个 UWB 系统对 TACAN 系统可能产生的干扰,本文使用基于物理层模型的干扰分析方法,比较分析 MB-UWB、跳时(time hopping, TH)-UWB、直接序列(direct sequence, DS)-UWB 等不同的 UWB 系统在 CM1、CM2 两种信道下对 TACAN 系统的影响。在充分考虑了 TACAN 系统、不同技术体制 UWB 系统的物理层特性情况下构建系统物理层模型,通过考察 TACAN 系统的误码率,结合 TACAN 系统接收机灵敏度,得到二者共存时的 UWB 发射功率限制。在此分析结果的基础上,进一步得到 TACAN 系统周围有多个 UWB 系统存在时的 UWB 发射功率限制。

① 国家自然科学基金(60772021),863 计划(2009AA01Z262),教育部博士点基金(20060013008,20070013029)和北京邮电大学研究生创新基金资助项目。

② 男,1971 年生,博士生,副教授;研究方向:宽带无线通信;联系人, E-mail: wangsb09@gmail.com
(收稿日期:2008-05-05)

1 分析方法

1.1 基于 I/N 的链路预算干扰分析方法^[1,2]

通过定义干扰场景和受扰系统的最大允许干扰信号功率,得出受扰系统接收机端可容许的最大 UWB 干扰电平值,再根据 UWB 系统的链路预算得出受扰系统允许的 UWB 发射功率限制。UWB 发射功率限制基于有效辐射功率,指的是给定范围的工作频率下等效全向辐射功率(equivalent isotropic radiated power, EIRP),EIRP 值为发射机可以传送到天线的最大功率。

UWB 的允许最大发射 EIRP 值可由式

$$EIRP_{MAX} = I_{MAX} - G_R(\theta) + L_P + L_R \quad (1)$$

得出。其中 $EIRP_{MAX}$ 是最大允许的 UWB 发射 EIRP 值,单位是 dBm/参考带宽,一般的参考带宽为 1MHz; $G_R(\theta)$ 表示在 UWB 信号入射方向上受扰接收系统的天线增益,单位为 dBi; L_P 表示 UWB 与受扰接收机之间的路径损耗,单位为 dB; L_R 表示受扰接收机的插入损耗,单位为 dB; I_{MAX} 表示受扰接收机端允许的最大干扰电平值,单位是 dBm/参考带宽,根据受扰系统接收机输入口的干扰功率和热噪声(包括热噪声系数的贡献)的功率比 I/N ,可以得出 I_{MAX} 表达式为

$$I_{MAX} = I_{kth} + IF + I/N \quad (2)$$

其中 IF 为噪声系数, I_{kth} 为热噪声基底,由式

$$I_{kth} = 10\log_{10}(kT/1mW) + 10\log_{10}B_{RX} \quad (3)$$

确定,其中 I_{kth} 的单位是 dBm/Hz, k 是波尔兹曼常数, B_{RX} 是在温度为 $T(K)$ 的接收机带宽,单位为 Hz,常温下($20^\circ C$), $T = 293K$ 。

1.2 基于物理层模型的干扰分析方法

1.2.1 单个 UWB 系统

依据 IR-UWB、MB-UWB 和 TACAN 系统的物理结构和系统参数建立系统物理层模型,将 UWB 信号作为噪声加入 TACAN 系统并做相应处理。考虑到 UWB 占用极宽的频带,在时域进行分析会把不在 TACAN 系统工作频带的 UWB 能量引入到 TACAN 系统中而引起误差,并且 UWB 系统与 TACAN 系统的采样率差别很大,大约为 1×10^4 个数量级,为了有效地克服这两个问题,本文在频域进行分析。具体方法是:将 UWB 和 TACAN 系统的信号都变换到频域,将 UWB 在 TACAN 系统的工作频段的能量提取出来,并在 TACAN 系统的信道处加入 TACAN 系统(设 UWB 和 TACAN 系统之间的参考距离为 R)。然后将混入 UWB 信号和信道噪声的 TACAN 信号转

换到时域,TACAN 接收机处理这个混合信号。最后考察 TACAN 系统的误码率,根据 TACAN 系统误码率和接收机灵敏度的要求,得到 UWB 系统的发射功率限制。TACAN 系统的信道为加性高斯白噪声(additive white Gaussian noise, AWGN)信道。

1.2.2 多个 UWB

对于多个 UWB 系统存在时,假设 UWB 在以半径分别为 R_0 和 R_1 ($R_0 < R_1$) 的两个同心圆围成的环带内均匀分布,密度为 ρ ,活动因子(活跃的 UWB 个数)为 η ,TACAN 系统位于同心圆的中心点,可得到 UWB 发射功率限制^[2]:

$$A = 2\alpha\eta\rho\pi\ln(R_1/R_0) \quad (4)$$

其中 α 是单个 UWB 在干扰距离为 R_0 时的发射功率限制。若取 $R_0 = R$,则 α 就是 1.2.1 中得到的结果。

2 系统模型

2.1 UWB 系统模型

2.1.1 IR-UWB 系统模型

IR-UWB 采用纳秒级的基带脉冲进行通信,信息数据符号对脉冲进行调制,结合数据符号的编码,UWB 信号有脉冲位置调制跳时(pulse position modulation-time hopping, PPM-TH)方式和脉冲幅度调制(pulse amplitude modulation, PAM)跳时方式、脉冲位置调制直接序列(PPM-DS)方式,脉冲幅度调制直接序列(PAM-DS)方式^[5]。

PPM-TH-UWB 信号为

$$S_1^{(k)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} g(t - jT_s - C_j^{(k)}T_c - \epsilon d_{[j/N_s]}^{(k)}) \quad (5)$$

PAM-TH-UWB 信号为

$$S_2^{(k)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} e_{[j/N_s]}^{(k)} g(t - jT_s - C_j^{(k)}T_c) \quad (6)$$

PPM-DS-UWB 信号为

$$S_3(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} g(t - jT_s - \epsilon \frac{d_j + 1}{2}) \quad (7)$$

PAM-DS-UWB 信号为

$$S_4(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} d_j g(t - jT_s) \quad (8)$$

式(5)、(6)、(7)、(8)中, k 代表多用户系统中第 k 个用户; T_s 是无调制情况下的脉冲重复周期; $C_j^{(k)} = C_{j+i, N_p}^{(k)}$ 为第 k 个用户伪随机跳时序列的第 j 个码元 ($0 < C_j^{(K)} \leq N_{max}$),跳时序列周期为 N_p ; T_c 是由跳时码控制的单位发射脉冲时延; ϵ 是一个常量; $e_j^{(k)}$

$\in \{-1, +1\}$, $d_j^{(k)} \in \{0, 1\}$; “[]”表示取整运算, 每 N_s 个脉冲波形传送一个二进制符号。 $g(t)$ 是持续时间为 ω_b 的窄脉冲, 一般是高斯脉冲或其微分形式, $\omega_b \ll T_s$, $g(t)$ 为

$$g(t) = \pm \frac{\sqrt{2}}{\beta} e^{-\frac{2\pi t^2}{\beta^2}} \quad (9)$$

其中 β 为时间参数, 影响脉冲的宽度和幅度。

2.1.2 MB-UWB 系统模型

本文基于 IEEE802.15.3a 提案构建 MB-UWB 模型, 将 UWB 频段分为多个子带, 每个子带都大于 500MHz, 且采用正交频分复用(OFDM)技术。支持 55、80、110、160、200、320、400 和 480Mbps 多种速率选择, 信号经 Rate 5/8 前向纠错编码, 交织和二进制相移键控(QPSK)调制, 采用跳频方式发射^[6]。

MB-UWB 信号为

$$S_5(t) = \frac{1}{N_s} \left(\sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\frac{N_s}{2}}^{\frac{N_s}{2}-1} b_m[k] e^{j2\pi m \Delta f (t - kT_i)} \right. \\ \left. \omega(t - kT_i) e^{j2\pi f_{MB}[k]t} \right) e^{j2\pi f_c t} \quad (10)$$

其中 N_s 是子载波数, Δf 是子载波间距, T_i 是符号持续时间, $b_m[k]$ 是采用四进制正交幅度调制(4-QAM)的独立同分布的 OFDM 数据符号, $b_m[k] \in \{1/\sqrt{2}(\pm 1 \pm j)\}$, $f_{MB}[k]$ 是一个加性周期值, f_c 是常量频率偏移, OFDM 的矩形脉冲波形为

$$\omega_b = \begin{cases} 0 & 0 \leq t < T_p \\ 1 & T_p \leq t < T_p + 1/\Delta f \\ 0 & T_p + 1/\Delta f \leq t < T_i \end{cases} \quad (11)$$

2.1.3 UWB 信道模型

由于 UWB 要求精确的时间或空间分辨能力, 传统的信道模型不能提供 UWB 应用所需要的足够的分辨力。因此 UWB 信道模型采用 IEEE802.15.3a 建议的修正 S-V 多径信道模型^[7]。由于对数分布与测量数据更加匹配, 因此用对数正态分布而不是瑞利分布来表示多径幅度。修正的多径模型为

$$h_i(t) = X_i \sum_{l=0}^L \sum_{k=0}^K \alpha_{k,l}^i \delta(t - T_l^i - \tau_{k,l}^i) \quad (12)$$

其中 $\alpha_{k,l}^i$ 是多径增益系数, T_l^i 是第 l 簇的时间延迟, $\tau_{k,l}^i$ 是第 k 条多径分量相对于第 l 簇到时间 T_l^i 的时延, X_i 表示对数正态阴影。当给定不同的参数时, 可以实现四种 UWB 信道模型, 分别为 CM1: LOS(0 ~ 4m); CM2: NLOS(0 ~ 4m); CM3: NLOS(4 ~ 10m); CM4: 极限 NLOS 多径信道。根据 TACAN 系统的实际情况及 UWB 与 TACAN 系统的参考距离选为 1m, 本文考虑 CM1 和 CM2 两种信道。

2.2 TACAN 系统模型

TACAN 系统工作频段为 962 ~ 1213MHz, 划分为 252 个波道, 每个波道为 1MHz。信标台发射的信号是高斯波形调制脉冲, 并且以脉冲对编码构成单元脉冲, 由这样的单元脉冲按照一定规则组成主基准群、辅助基准群、识别信号、应答和随机填充脉冲, 机载设备跟踪主、辅基准群, 计算出基准群与包络相位零点之间的相位差, 便完成定位工作^[8]。地面信标台向外发射的高斯脉冲为

$$f(t) = B e^{-\frac{4 \lg \frac{1}{b}}{\tau^2} t^2} \quad (13)$$

其中, $b = 0.5$, τ 为调整脉冲宽度的参数。

TACAN 系统的信号源是按照一定规则编码的高斯脉冲对, 是模拟信号, 接收端完全恢复出信号之后, 无法和信号源比较误码率, 所以在建立 TACAN 系统模型时, 将信号源的编码方式数字化, 由这个数字化的编码控制符合 TACAN 系统信号要求的高斯脉冲, 产生实际的 TACAN 系统的信号源, 在接收端译码后统计编码的误码率, 由于编码方式完全按照 TACAN 系统的信号要求得到, 所以 TACAN 系统信号源编码的误码率就可看作 TACAN 系统的误码率。

Simulink 是 Matlab 中的一种可视化仿真工具, 是实现动态系统建模和仿真的一个软件包, 采用分层结构的模型化图形输入。利用 Simulink 可以把更多的精力投入到系统模型的构建, 减轻语言编程上的压力。本文在构建 TACAN 系统和多个 UWB 系统的物理层模型时充分利用了 Simulink 的这个优点, 并结合语言编程完成仿真工作。利用 Simulink 实现的 TACAN 系统模型框图如图 1 所示。

图 1 中 UWB 信号子系统是根据式(5)、(6)、(7)、(8)、(10)利用 Simulink 构建的五种 UWB 系统物理层模型; UWB 信道子系统是根据式(12)构建的 UWB 信道模型, 有 CM1、CM2 两种信道; TACAN 信号编码模块产生数字化编码; 信号源和调制子系统产生符合要求的高斯脉冲对, 并且进行大、小包络调制; 在 TACAN 信道处将 UWB 信号接入 TACAN 系统, 二者都先进快速傅立叶变换行(FFT), 在频域相加, 然后将混合信号进行快速傅立叶变换(IFFT); TACAN 系统接收机子系统对这个混合信号进行接收解调; 误码率统计模块统计误码率。经过大、小包络调制的 TACAN 信号可以表示为

$$s_6(t) = A_0 + A_1 \sin(2\pi f_1 t) + A_2 \sin(2\pi f_2 t) \quad (14)$$

其中, $f_1 = 15\text{Hz}$, $f_2 = 135\text{Hz}$, A_0 为直流成分, A_1 、 A_2 分别为大包络和小包络的调制度。

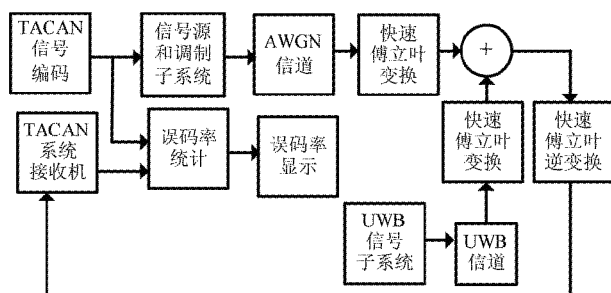


图1 TACAN系统物理层模型

3 仿真分析

3.1 单个 UWB 系统

仿真中的具体参数设置如下:

IR-UWB 系统:采样时间为 $4 \times 10^{-11}\text{s}$,脉冲持续时间为 $1 \times 10^{-9}\text{s}$,切谱时间(chip time)为 $1 \times 10^{-7}\text{s}$,高斯脉冲是基本形式。

MB-UWB 系统:采样时间为 $7.0833 \times 10^{-9}\text{s}$,速率为 $5/8$ 的打孔卷积编码,采用初始偏移相位为 $\frac{\pi}{4}$ 的 QPSK 调制,IFFT(FFT)点数为 128 点,循环前缀为 61 点,速率为 200Mbps。

TACAN 系统:脉冲上升时间为 $(2.0 \pm 0.25)\mu\text{s}$,脉冲下降时间为 $(2.5 \pm 0.5)\mu\text{s}$,脉冲宽度为 $(3.5 \pm 0.5)\mu\text{s}$;TACAN 系统发射功率为最小值 500W;调制深度为标准 15Hz 调制在 0.21 ± 0.09 之内,最小不小于 0.05,最大不大于 0.40;标准 135Hz 调制在 0.21 ± 0.09 之内,最小不小于 0.05,最大不大于 0.40;15Hz + 135Hz 合成调制度不大于 55%。

TACAN 接收机灵敏度为 -90dBm ,假设单个 UWB 设备距离 TACAN 发射机为 $R = 1\text{m}$,UWB 设备的所有发射信号持续时间的总和不超过时间段的 0.5%。

UWB 信道 CM1、CM2 的冲激响应功率时延剖面图(power delay profile, PDP)分别如图 2 和图 3 所示,UWB 信道为 CM1 时的仿真结果如图 4 所示,UWB 信道为 CM2 时的仿真结果如图 5 所示。

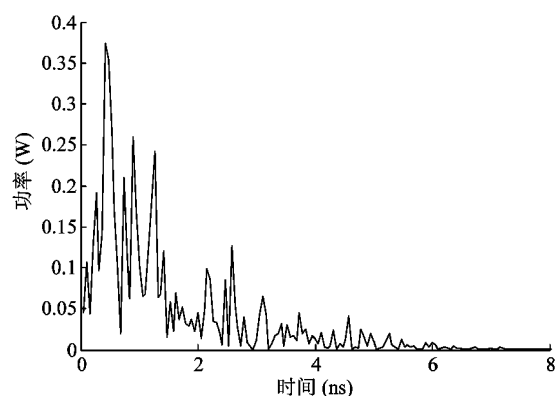


图2 CM1信道的冲激响应功率时延剖面图

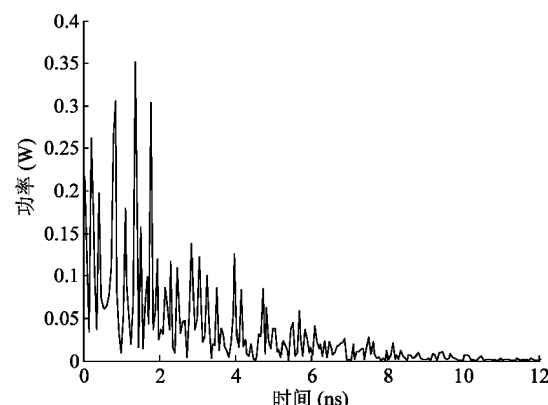


图3 CM2信道的冲激响应功率时延剖面图

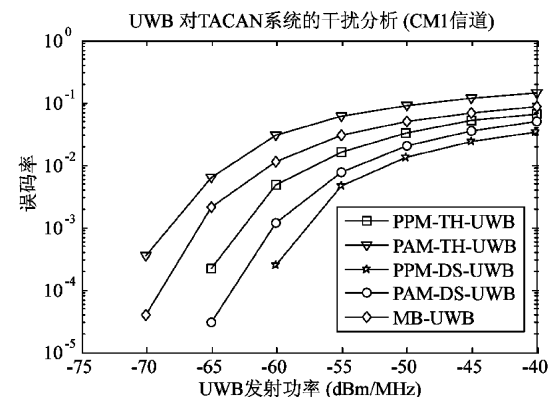


图4 UWB对TACAN系统的干扰分析仿真结果(CM1信道)

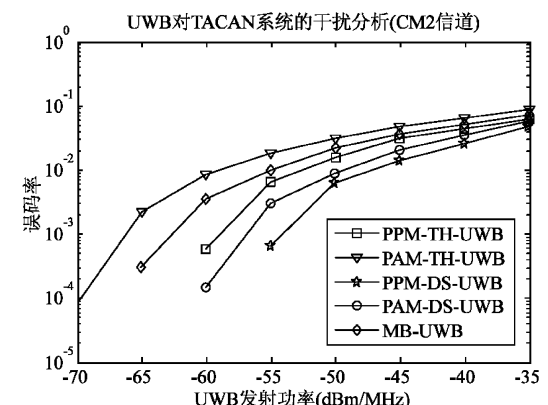


图5 UWB对TACAN系统的干扰分析仿真结果(CM2信道)

假定 TACAN 系统性能等级下降所对应的误码率限制为 1×10^{-3} , 由图 4 和图 5 可以得到对 UWB 系统的发射功率限制的理论参考值, 具体参考值见表 1。

表 1 UWB 系统发射功率限制的参考值

UWB 系统	UWB 发射功率限制参考值 (dBm/MHz)	
	CM1 信道	CM2 信道
PPM-TH-UWB	≤ -63	≤ -59
PAM-TH-UWB	≤ -68	≤ -66
PPM-DS-UWB	≤ -57	≤ -54
PAM-DS-UWB	≤ -60	≤ -57
MB-UWB	≤ -66	≤ -63

比较五种 UWB 系统在两种信道模型下对 TACAN 系统的影响, 对 UWB 系统发射功率限制的参考值, 取较严格的限制为 -68dBm/MHz 。

对于采用基于 L/N 的链路预算干扰分析方法, 根据通常的取值: $IF = 9\text{dB}$, $I/N = -6\text{dB}$, $G_R(\theta) = 0\text{dBi}$, $L_R = 0\text{dB}$, $B_{RX} = 1\text{MHz}$, $T = 293\text{K}$; 当参考距离 $R = 1\text{m}$ 时, 使用自由空间模型计算路径损耗: $L_P = 38.5 + 20\log_{10}(R) = 38.5\text{dB}$, 根据式(1)、(2)、(3)得 $EIRP_{\text{MAX}} = -72.4\text{dBm/MHz}$ 。

通过比较可以看出, 两种方法的结果是不同的。由式(1)、(2)、(3)可知, 基于 L/N 的链路预算干扰分析方法的关键在于受扰系统接收机带宽 B_{RX} , 对于不同的窄带无线通信系统, 当 B_{RX} 相同时, 对于 UWB 系统的发射功率限制差别不大。本文使用的方法充分考虑每个无线通信系统的物理特性, 并在较全面的系统参数基础上建立物理层模型, 同时比较分析各种 UWB 系统在两种不同的 UWB 信道下对同一窄带无线通信系统的影响, 因此所得的分析结果比基于 L/N 的链路预算干扰分析方法的结果更接近于实际系统, 因此本文的方法对于合理规划 UWB 频谱更具有实际的参考价值。此外基于 L/N 的链路预算干扰分析方法要假设场景和许多条件, 有时会过于严格, 更严格的发射功率限制会给 UWB 设备的生产带来技术上的挑战, 不利于 UWB 的广泛应用。但是本文的研究方法要充分考虑系统的物理特性及系统参数, 同时还要分析各种 UWB 系统对同一窄带无线通信系统的影响, 因此在研究分析中比基于 L/N 的链路预算干扰分析方法工作量大, 耗时长。

3.2 多个 UWB 系统

取 $R_0 = R = 1\text{m}$, $R_1 = 1\text{km}$, $\rho = 0.2 \text{ 个}/\text{m}^2$, η

$= 0.39$, 根据 3.1 中得到的结果, $\alpha \leq -68\text{dBm/MHz}$, 由式(4)得到多个 UWB 存在时的发射功率限制为 -74dBm/MHz , 若 $\rho = 0.02 \text{ 个}/\text{m}^2$, $\eta = 0.039$ 时, 则为 -64 dBm/MHz 。

4 结 论

本文使用基于物理层模型的干扰分析方法, 建立 TACAN 系统和不同技术体制的 UWB 系统的物理层模型, 根据 TACAN 系统的误码率和接收机灵敏度的要求, 通过仿真分析, 得到了单个 UWB 系统在 TACAN 系统工作频段 ($962\text{--}1213\text{MHz}$) 的发射功率限制参考值为 -68dBm/MHz , 并在此基础上进一步得到了多个 UWB 系统存在时的 UWB 发射功率限制。这些结果能够为规划 UWB 系统在 TACAN 系统工作频段的频谱提供参考。进一步的研究工作是, 采用本文的分析方法分析 UWB 系统对其他窄带无线通信系统的影响, 进而得出 UWB 系统在这些窄带无线通信系统工作频段的频谱规划方案。

本研究工作还部分地得到韩国知识经济部 IITA 指导下的 ITRC 项目 (IITA-2009-C1090-0902-0019) 的资助, 在此表示感谢。

参考文献

- [1] Federal Communications Commission, US. Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems: [FCC report]. Washington D. C. : FCC, 2002. 2-94
- [2] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations. The protection requirements of radio communications systems below 10.6GHz from generic UWB applications: [ECC report]. Helsinki: ECC, 2005. 5-7, 24-27
- [3] The Office of Communications, UK. Decision to make the wireless telegraphy (ultra-wideband equipment) (exemption) regulations 2007: [Ofcom report]. London: Ofcom, 2007. 1-10
- [4] Mehbodniya A, Aissa S. Coexistence between DS-UWB and MB-OFDM: analysis and interference mitigation. In: Proceedings of the 2007 IEEE Global Telecommunications Conference, Washington D. C., USA, 2007. 5200-5204
- [5] Benedetto M G D, Giancola G. Understanding Ultra Wideband Radio Fundamentals. New Jersey: Prentice Hall Professional Technical Reference Pearson Education, 2004. 26-45, 277-281
- [6] Batra A, Balakrishnan J, Dabakand A, et al. Multi-band

- OFDM physical layer proposal for IEEE 802.15 task group 3a. IEEE p802.15-03/268r3, 2004
- [7] Jeff F. Channel modeling sub-committee report (final). IEEE p802.15-02/490r1-sg3a, 2003
- [8] Department of Defense Interface Standard, US. Standard Tactical Air Navigation (TACAN) Signal. Washington, D. C.: DDIS, 1998.1-17

Analysis of the interference caused by UWB with TACAN

Wang Shubin^{* ** ***}, Zhou Zheng^{* **}, Zou Weixia^{* **}, Li Bin^{* **}

(^{*} Wireless Network Laboratory, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

(^{**} Key Laboratory of Universal Wireless Communications,

Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

(^{***} College of Electronic Information Engineering, Inner Mongolia University, Hohhot 010021)

Abstract

For researching into the potential interference caused by ultra-wideband (UWB) with narrowband communication systems, an analysis method based on the physical layer model was presented, and furthermore, the effect of the impulse-radio ultra-wideband (IR-UWB) and the multi-band ultra-wideband (MB-UWB) on a tactical air navigation (TACAN) system was analyzed. The physical layer models of the TACAN system and the above two UWB systems were set up based on the full consideration of the physical characteristics of each system, and simulated using the Simulink of the Matlab. Based on the requirements of bit error rate (BER) and the sensitivity of the receiver for TACAN, the reference value of the UWB emission limit was obtained on the operating band (962 ~ 1213MHz) of TACAN. Compared with the link budget interference method based on an interference to noise ratio (I/N) criteria, this method reflects the effect of the actual system, so the conclusion can provide the reference to constituting the frequency spectrum of UWB on the operating band of TACAN.

Key words: impulse-radio ultra-wideband (IR-UWB), multi-band ultra-wideband (MB-UWB), TACAN system, interference